

GeoRaptor – en tvärvetenskaplig GIS-metod för lokalisering av VA-infrastruktur

GeoRaptor – an Interdisciplinary GIS Method for Locating new Water and Sewage Infrastructure



Frida Björkroth¹, Sonja Sandström², Britt-Inger Norlander³

¹Norconsult Sverige, Theres Svenssons Gata 11, 41755 Göteborg, frida.bjorkroth@norconsult.com

²Norconsult Sverige, Glasfibergatan 6, 125 45 Älvsjö, sonja.sandstrom@norconsult.com

³Norconsult Sverige, Theres Svenssons Gata 11, 41755 Göteborg, britt-inger.norlander@norconsult.com

Sammanfattning

Vid planering av VA-infrastruktur i tätorter är det ofta givet att ledningsdragning ska ske längs med eller under befintliga vägar. Men för planläggning av infrastruktur mellan städer är det inte lika givet var ledningssträckorna ska dras. Här måste istället hänsyn tas till bland annat förorenad mark, riksintressen och naturskyddade områden. Dessutom måste markförutsättningar som är avgörande för framkomligheten analyseras, som topografi, geoteknik och närhet till berg. Majoriteten av denna geografiska data (geodata) finns gratis tillgänglig att hämta från kommuner och myndigheter. Med hjälp av geografiskt informationssystem (GIS) är det lätt att visualisera geodata, vilket ger god överblick av förutsättningarna i utredningsområdet. Dock är all geodata inte lika viktig vid planering av VA-ledningar och därför måste data värderas med hänsyn till framkomlighet.

Norconsult har utvecklat GeoRaptor, en GIS-baserad lösning som kan hantera stora mängder geodata och som vikts med hänsyn till varandra. Analysen resulterar i ett framkomlighetsraster där den bästa platsen för en byggnad eller den mest lämpliga ledningssträckan kan identifieras. Styrkorna med GeoRaptor är att beslut tas på ett systematiskt sätt, där kunskapen från experter inom olika fackområden sätts i fokus. Dessutom blir både kund och uppdragsutförare aktivt involverade under hela processen, från att i ett tidigt stadium välja datamängder till att vikta data och sedan granska resultaten. Detta resulterar i ett robust och faktabaserat resultat som kan ligga till grund för tydliga och transparenta beslutsunderlag.

Nyckelord: GIS, öppna data, geodata, least-cost path, kartor, multikriterieanalys, AHP

Abstract

When planning the location of water pipes and sewage systems, it is often best to position them along or below roads since the land is already exploited. However, when planning new infrastructure between cities, it is not as clear where the pipeline routes should be. Consideration must be given to factors such as contaminated land, national interests and protected areas since the land often is unexploited. Additionally, essential ground condi-

tions must be analyzed such as topography, geotechnics and soil depth to find the optimal route. The majority of geographic data (geodata) that contain usable information about nature protection and geoinformation is freely available from municipalities and authorities in Sweden. Using Geographic Information System (GIS) provides a good overview of the conditions within the area of interest. Not all geodata is relevant when planning new pipeline routes. The data must be evaluated by experts within different fields before usage.

Norconsult has developed GeoRaptor, a GIS-based solution capable of handling large amounts of geodata, sorting and weighting the data according to the method called Analytical Hierarchy Process (AHP). The analysis produces a cost raster which can be further analyzed to identify the best route for a water pipe. The strength of GeoRaptor lies in making decisions systematically, focusing on the input from experts in various fields, resulting in an interdisciplinary and fact-based outcome. With GeoRaptor as a data driven workflow, creates robust and transparent results, providing a solid foundation for any type of decision making.

Keywords: GIS, open data, geodata, least-cost path, maps, multicriteria analysis, AHP

Inledning

Vid planering av VA-ledningar inom tätort är det oftast givet var ledningen ska anläggas. VA-ledningar anläggs oftast i gator för att på bäst sätt ansluta fastigheter till VA-systemet. Det som inte är lika givet är var VA-ledningarna ska anläggas mellan tätorter. Finns ingen detaljplan som reglerar markanvändningen måste hänsyn tas till befintliga förutsättningar som; markanvändning, förorenad mark, fornminnen (kulturvård), riksintressen, naturskyddade områden med mer. Det finns även ytterligare parametrar som är avgörande för framkomligheten vid anläggning av ledningar som topografi, geoteknik och djup till berggrund.

All den här informationen som behövs för att bedöma framkomligheten av VA-ledningar finns i olika databaser hos kommun, Länsstyrelse och andra statliga myndigheter. Informationen består av geografiskt läge och benämns som geografisk data (geodata). Programvaran som hanterar geodata kallas för geografiska informationssystem och förkortas GIS. Fördelen med GIS är att det är lätt att visualisera aktuella geodata med färger och symboler vilket ger en god överblick över vilka geodata som finns i området.

All geodata är inte lika viktigt vid anläggning av VA-ledningar och därför måste en värdering ske med hänsyn till framkomlighet. Här kommer ett tvärvetenskapligt tillvägagångssätt väl till hands där olika kompetenser involveras i att vikta och värdera geodata. Exempelvis är vissa områden direkt olämpliga att

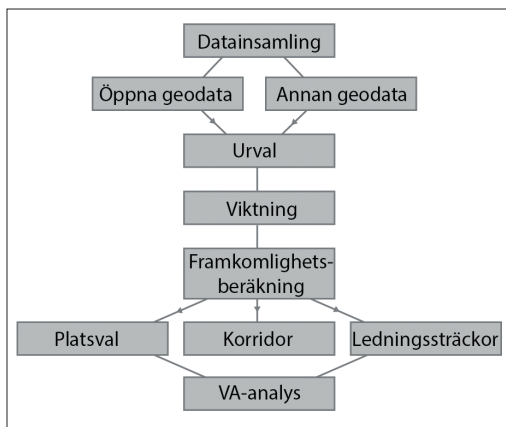
exploatera som militära områden, sjöar eller områden med hög risk för sulfidberg.

Vid planering av VA-anläggningar är utmaningen att hitta den ledningskorridor som är mest ekonomisk fördelaktig samtidigt som påverkan på natur och kulturvärden minimeras. Vid framkomlighetanalysen måste även beaktas krav på anmälan och tillstånd för att genomföra anläggningsåtgärder.

Hur kan geodata sorteras på ett strukturerat och systematiskt sätt för att skapa ett tillförlitligt resultat där bra och dåliga områden kan urskiljas? Norconsult har utvecklat GeoRaptor (Norconsult 2024), en GIS-baserad lösning som kan hantera stora mängder geodata. Genom viktningemetodik som kallas Analytisk Hierarkisk Process (AHP) viktas data på olika hierarkinivåer för att avgöra en datamängds relativa viktighet gentemot de andra datamängderna som finns inom utredningsområdet.

Metod

GeoRaptor är en GIS-baserad lösning som kan användas för att identifiera de mest lämpliga ledningssträckorna eller platserna för anläggning av VA-infrastruktur. Metoden baseras på en multikriterie- och viktningemetodik som utförs av sakkunniga där stora mängder geodata vägs mot varandra. Styrkan i GeoRaptor är att beslut tas på ett systematiskt och transparent sätt, där kunskapen från experter inom olika fackområden sätts i fokus, vilket ger ett tvärvetenskapligt och faktabaserat resultat.



Figur 1. GeoRaptors arbetsmoment.

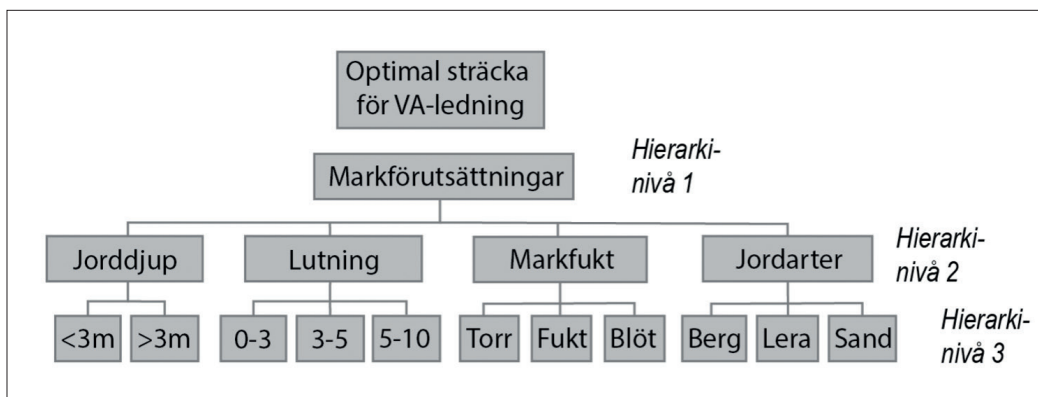
Första stegen är att definiera utredningsområdet och att hämta öppna geodata (Figur 1). Utredningsområdet kan täcka ett helt län, en kommun eller bestå av ett mindre område mellan en start och en målpunkt. Öppna geodata är data som är gratis och tillgänglig för alla att använda, som till exempel naturreservat från Naturvårdsverket och jorddjupsmodell från SGU. I uppdrag används den egenutvecklade tjänsten GeoPangea för att automatiskt inhämta alla tillgängliga öppna geodata inom ett utredningsområde. Det kan handla om ett mindre antal upp till ett hundra olika geodatalager. Den insamlade geodatan kan kompletteras med kundens egna data som exempelvis inhämtats från geodatasamverkan eller inventeringar i fält, samt information som sam-

las in i samband med uppdraget. Ett urval av geodata sker där irrelevant data sorteras bort och relevant data granskas och sorteras i olika hierarkinivåer för att användas i analysen.

Geodata viktas sedan med en metod som kallas analytisk hierarkisk process (AHP) (Saaty 2001, FOI 2011). AHP används för att kartlägga behov och identifiera det lämpligaste lösningsalternativet. Vid användning av AHP ska egenskaper eller kriterier som kan beskriva målbilden eller lösningen på problemet definieras. Geodata sorteras in i olika hierarkinivåer, där den högsta nivån kallas globala kriterier och den lägre hierarkinivån kallas lokala kriterier. De lokala kriterierna består av i sin tur av ett antal subkriterier som finns på den lägsta hierarkinivån (Figur 2).

Viktning ska ske inom varje hierarkinivå för att avgöra den avvägda behovsbilden. Under viktningen jämförs underkriterierna parvis för att finna alternativa lösningar där huvudfrågorna är “Är det ena bättre än det andra alternativet?” och “Hur mycket bättre?”

Vi kan ställa fakta mot varandra för att avgöra vad som får störst betydelse för den optimala placeringen. Exempelvis har markförutsättningar stor betydelse. Markförutsättningar är ett exempel på ett globalt kriterium i hierarki 1. Markförutsättningar består av ett antal lokala kriterier under hierarki 2, exempel på dessa är jorddjup, lutning, jordarter och markfukt. I den lägsta hierarkinivån specificeras subkriterier med specifika värden och intervall. Exempel på dessa är; jorddjupsintervall (<3 m och >3 m), lutningsintervall (0-3, 3-5, 5-10 grader), jordarter (exempelvis berg,



Figur 2. Exempel på hierarkinivåer (Globalt kriterium: markförutsättningar. Lokala kriterier: jorddjup, lutning, markfukt och jordarter. Subkriterier: indelning av datavärdesintervall, grad av markfuktighet (torr, fuktig, blöt), jordartstyper (berg, lera, sand).

lera och sand) och markfukt (torr, fuktig och blöt) (Figur 2).

Viktningen utförs av experter i samråd med kunden under ett antal viktningssessioner. Under sessionerna ställs kriterier mot varandra och experter framför sina för- och motargument om kriteriernas viktighet. Detta säkerställer ett tvärvetenskapligt arbetssätt och väl motiverade beslut. För att bestämma hur mycket bättre ett subkriterium är jämfört med ett annat så används en skala som i olika steg beskrivs i vilken grad något är mer eller mindre framkomligt eller bättre än något annat. Inom varje lokalt kriterium fördelas 100 procent mellan subkriterierna. I nästa steg fördelas 1.0 (100% i decimal) inom de globala kriterierna, för att i sin tur resultera i värden som rör sig mellan 0-100 i den slutliga sammanslagningen. De områden som är olämpliga att exploatera kommer att ha värden som överstiger 100. Inom AHP används konsistensförhållandet (Consistency Ratio, CR) för att säkerställa att de parvisa jämförelserna av kriterier och alternativ är logiskt sammanhängande och pålitliga. När beslutsfattare jämför olika subkriterier parvis kan subjektiva bedömningar leda till inkonsekventa prioriteringar. CR kvantifierar graden av inkonsekvens genom att jämföra den faktiska inkonsekvensen med en slumpmässig inkonsekvens. Ett CR-värde under 0,1 (10%) anses acceptabelt, vilket indikerar att bedömningarna är tillräckligt konsekventa för att ge tillförlitliga beslutsunderlag. Om CR är högre, bör bedömningarna omprövas för att förbättra konsistensen.

När konsistensförhållandet är kontrollerat genomförs en multikriterieanalys där samtliga geodata slås ihop med de viktade värdena från varje hierarkinivå. Resultatet blir ett framkomlighetsraster där vidare analyser kan utföras, till exempel beräkning av ledningssträckor och korridorer (Figur 3). Ledningssträcka innebär positionen för den faktiska ledningen som transporterar vatten eller avlopp från en punkt till en annan. En korridor utgår från den mest optimala ledningssträckan, men visar alternativa ytor som också är lämpliga för att anlägga VA-ledningen på. Raster är ett dataformat som representerar data i en regelbunden rutnätsstruktur där varje ruta eller cell i rutnätet har ett visst värde, i detta fall den sammanslagna viktningen från samtliga kriterier som

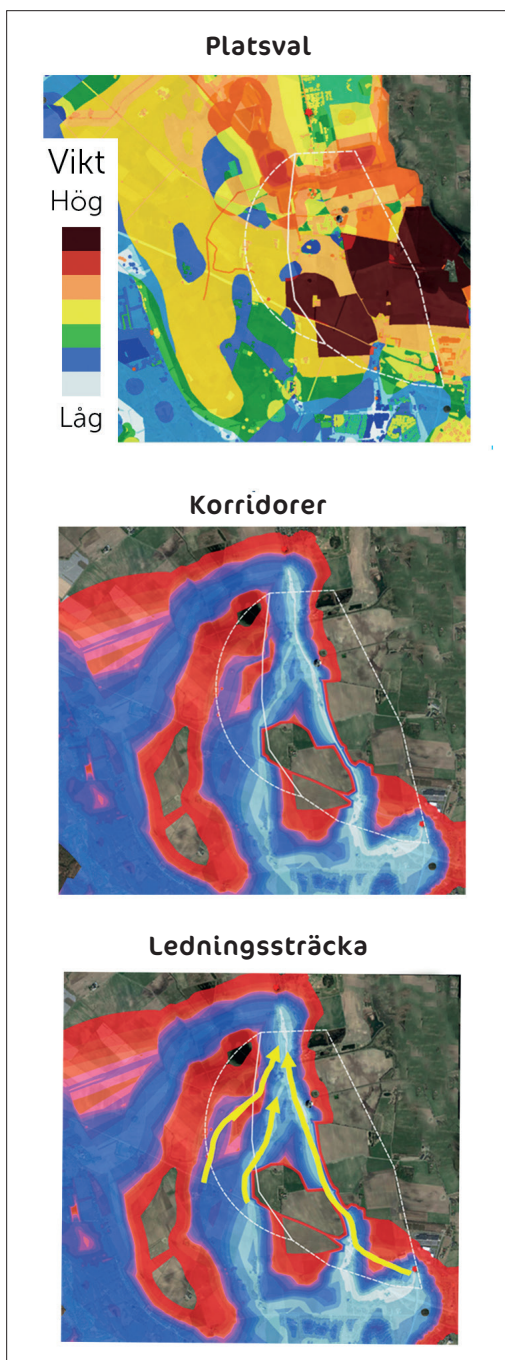
överlappar med cellen. Låga värden i cellen visar på lägre kostnad och därmed högre framkomlighet (eller byggbarhet) och höga värden innebär en sämre framkomlighet. Storleken på cellerna beror på noggrannheten i det geodata som används.

Verktöget Least Cost Path (ESRI 2024) beräknar kostnaden för att passera en cell där hänsyn tas till cellens upplösning och avståndet att röra sig rakt genom cell eller på diagonalen. Analysen med least-cost path beräknas på framkomlighetsrastret. Den sammanslagna "kostnaden" för en sträcka beräknas genom att slå ihop cellvärden för hela sträckan. Kostnaden syftar inte på en kostnad i pengar utan menar på cellernas värden i framkomlighetsrastret. Innan den "billigaste" sträckan föreslås (sträckan med lägst totalvärde) beräknas alla möjliga sträckor inom utredningsområdet för att avgöra vilken sträcka som ger den lägsta totalsumman. För att generera korridorer kan en gräns sättas så att exempelvis de billigaste 20% av alla beräknade ledningssträckor visas. Detta kan visualiseras i en färgskala för att identifiera alternativa sträckor med låga värden.

Resultat

När samtliga kriterier vägs samman inom alla hierarkinivåer resulterar det i ett framkomlighetsraster. Framkomlighetsrastret används sedan för att identifiera lämpliga platsval, ledningssträckor eller korridorer. Olika sträckor kan jämföras med varandra, exempelvis; sträcka 1 innebär att sprängning i berg undviks, sträcka 2 har den bästa lutningen för självfall och sträcka 3 är den kortaste sträckan.

Med hjälp av VA-teknisk erfarenhet vidarebearbetas resultatet för att skapa en ledningssträcka som är mer genomförbar i praktiken. De alternativa ledningssträckningarna granskas vidare i en VA-analys där fokus är på VA-teknisk genomförbarhet. Det innebär bland annat att ta hänsyn till befintliga ledningar, lämplig placering av pumpstationer, undvika kraftiga böjar av ledning samt minimera antalet korsningar av väg, järnväg och vattenytor. Resultatet sammanställs i ett tekniskt PM där underlag och dokumentation från arbetsprocessen redogörs, till exempel geodata som använts, argument från viktningssessioner och framkomlighetsraster.



Figur 3 Exempel på hur resultat från GeoRaptor ser ut. Platsvalen visar på områden med låga värden vilket innebär de områden som lämpar sig bäst för lokalisering av ett vattenverk. De höga värdena visar på var det finns de sämsta förutsättningarna i området. Korridorerna visar på den mest optimala sträckan mellan en start och en målpunkt. Korridoren blir ett bra stöd för att identifiera de bästa ledningssträckorna.

Diskussion

Ett datadrivet arbetssätt med systematisk viktning av geodata blir mer och mer efterfrågat som ett underlag för beslutsfattare. GeoRaptor ger transparens när geodata struktureras, viktning dokumenteras och ett resultat presenteras där områden med minst konflikt med natur, samhälle och kultur visas upp i kombination med minst kostnadsdrivande förutsättningar.

Detta arbetssätt har visat sig vara effektivt eftersom alla datamängder och expertkompetenser kommer med från första början. Det skapar en framdrift inom uppdrag som ger många positiva följeffekter, som exempelvis bättre kommunikation när fler tekniker får insyn i vilka geodata som finns i utredningsområdet.

Utveckling och återkoppling

Ett område där GeoRaptor utvecklas vidare är möjligheten att ge en uppfattning om hur platsvalet eller ledningssträckan kan påverka koldioxidavtrycket. Vegetationstypen inom en exploateringsyta kan ha en stor påverkan på uppdragets klimatpåverkan, likaså sprängning och schaktning av massor. Helhetsbilden av klimatpåverkan kan påverka andra val i byggfasen, såsom materialval och kompensationsåtgärder, eller att man helt och hållet byter plats för att göra vissa materialval.

Återkopplingen från beställare som har använt GeoRaptor har gett viktig information för vidareutveckling. Metodens transparens och spårbarhet har särskilt uppskattats, eftersom allt dokumenteras noggrant och alla resonemang inkluderas i ett tekniskt PM som kunden kan använda för framtida uppdateringar med nya datamängder. Som beslutsunderlag har metoden också visat sig vara stark genom att tydligt motivera varför en viss ledningskorridor valts, särskilt när den visar sig vara den bästa vägen med minst påverkan på kultur- och naturvärden. En annan uppskattad aspekt är kundens delaktighet i viktningprocessen, vilket har tillfört stort mervärde.

Felkällor

När man arbetar med öppna geodata är det viktigt att vara medveten om de potentiella felkällor som kan påverka analysens resultat. En central fråga rör geodatans noggrannhet, som kan variera beroende på

hur och när data samlades in. Om geodata har låg noggrannhet eller är felaktigt positionerade kan leda till betydande felaktigheter. Dessa problem förvärras ytterligare av felaktiga eller ofullständiga metadata, vilket kan resultera i felaktiga analyser och slutsatser.

En annan viktig aspekt är att öppna geodata inte alltid uppdateras regelbundet. Föråldrade data kan vara särskilt problematiska i dynamiska miljöer där förändringar sker snabbt. Exempelvis kan en analys som bygger på gamla data missa nya utvecklingar eller förändringar i infrastrukturen, vilket kan leda till felaktiga beslut och planering.

Täckningen av öppna geodata kan också vara ojämn. Geodata kan saknas helt för vissa områden eller vara ojämnt fördelade. Detta påverkar analysens representativitet och generaliserbarhet. Om vissa regioner saknar geodata eller om geodatan är av lägre kvalitet i vissa områden, blir det svårt att dra korrekta slutsatser eller jämföra olika områden på ett rättvist sätt.

Dessa felkällor understryker behovet av kritisk granskning och medvetenhet vid användning av öppna geodata. För att minimera påverkan av dessa felkällor bör man komplettera med andra datakällor och regelbundet verifiera analysresultat mot verkliga förhållanden. En noggrann bedömning av datans ursprung, kvalitet och uppdateringsfrekvens är nödvändig för att säkerställa tillförlitliga och användbara resultat.

Slutsatser

Ett datadrivet arbetssätt med systematisk viktning av geodata, som implementeras genom GeoRaptor, är både effektivt och efterfrågat som beslutsunderlag. GeoRaptor ger hög transparens och spårbarhet genom noggrann dokumentation av data och resonemang, vilket resulterar i tydliga och välgrundade beslut. Genom att integrera alla relevanta datamängder och expertkompetenser från projektets början, främjas en bättre kommunikation och förståelse inom projektet, vilket minskar risken för budget- och tidsöverskridanden.

Metodens förmåga att presentera områden med minst påverkan på natur, samhälle och kultur, samt med lägsta kostnadsdrivande förutsättningar, har visat sig vara särskilt värdefullt. Den positiva återkop-

plingen från beställare betonar också vikten av kundens delaktighet i viktningprocessen, vilket tillför stort mervärde.

Trots fördelarna med att använda öppna geodata måste man vara medveten om potentiella felkällor, såsom varierande datanoggrannhet, uppdateringsfrekvens och täckning. För att säkerställa tillförlitliga analyser bör dessa aspekter tas i beaktning och kompletteras med andra datakällor i de fall att datakvaliteten är bristfällig.

Referenser

- Esri (2024) Creating the least-cost path.
<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/creating-the-least-cost-path.htm#GUID-9F594F7C-1B50-4C02-B224-4AFB2929BE60>
(2024.05.21)
- FOI (2011) Linus Bosaeus. Analytisk Hierarkisk Process, AHP, för tidig och inriktande kravställning. Behovsprioritering för framtidens ytstridsfartyg. Bilaga 1
- Norconsult Sverige AB (2024) GeoRaptor optimerar planering av infrastruktur
<https://norconsult.se/georaptor-optimerar-planering-foer-infrastruktur/> (2024.05.21)
- Saaty, T. L. (2001). Decision Making for Leaders – The analytical Hierarchy Process for decisions in a complex world. RWS Publications.